

Гравітаційна сепарація

УДК 622.7

В.И. КРИВОЩЕКОВ, канд. техн. наук,

А.Г. ЧУТЧЕВА

(Украина, Днепропетровск, Государственное ВУЗ "Национальный горный университет")

ПРОБЛЕМА ОЧИСТКИ ШАХТНОЙ ВОДЫ И НАПРАВЛЕНИЕ ЕЕ РЕШЕНИЯ

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Шахтные (и карьерные) воды образуются в результате притока подземных и поверхностных природных вод в горные выработки, где они подвергаются загрязнению в процессе различных работ по добыче полезных ископаемых. Загрязнение шахтных (и карьерных) вод происходит в основном мелкодисперсными взвешенными частицами добываемого полезного ископаемого и вмещающих пород при бурении взрывных скважин и шпуров, дроблении пород взрывным способом, работе проходческих и очистных комбайнов, погрузочных и транспортных работах. В связи с высоким уровнем механизации горных работ происходит загрязнение шахтных (и карьерных) вод нефтепродуктами. Гниение деревянных крепей и других конструкций обуславливает бактериальное загрязнение шахтных (и карьерных) вод. Физико-химический состав этих вод разнообразен, что определяется не только технологическими и производственными факторами, но и различным составом подземных и поверхностных вод в районах разработки полезных ископаемых.

Загрязнение воды происходит, прежде всего, в пределах действующих горизонтов: в окрестности очистных и подготовительных забоев, в местах погрузки и перегрузки отбитой горной массы, ее транспортировки, подрывки горных пород и движения людей. Основными источниками загрязнения являются мокрые забои.

Средние качественно-количественные показатели взвешенных твердых веществ загрязнений шахтных вод в подземных условиях представлены следующим образом: 30-80% массового количества частиц приходится на угольные и 70-20% – соответственно на породные. Максимальная крупность шлама в водосборниках главного водоотлива большинства шахт Донбасса составляет 3 мм, а основная (до 65%) масса представлена частицами крупностью менее 0,06 мм. В шламе глинистое вещество представлено до 35% частицами менее 0,005 мм. Эти частицы наблюдаются в водоотливных устройствах на глубине 100 мм от поверхностного слоя водоугольной суспензии водосборных устройств. Ниже размещены уплотненные шламы, для рыхления которых требуется дополнительные перемешивающие возмущения при гидравлическом способе очистки либо механические установки.

Анализ исследований и публикаций. Экспериментальными исследованиями [1] шахтной воды, поступающей в шахтные водосборные емкости, установлено, что кинематическая вязкость водоугольной суспензии резко увеличивается при

уменьшении крупности твердых частиц. С увеличением их объемного содержания наблюдается резкое изменение реологических характеристик. При отстаивании шахтной воды в водосборных емкостях, наиболее интенсивно расслоение происходит в течение первых 1,0-1,5 час, а затем оно резко замедляется. Установлено, что при достижении объемной концентрации более 30% скорость расслаивания при разных температурах выравнивается.

Анализ конструктивных решений и технологического регламента работы, применяемых на шахтах наземных очистных сооружений позволяет заключить, что последним присущи следующие недостатки [2]:

- сложность технологических схем и конструктивных решений;
- необходимость использования в процессах очистки в больших количествах дефицитных и дорогостоящих химических реагентов;
- высокая стоимость очистных сооружений (от 6 до 15% стоимости основных фондов);
- недостаточная адаптация очистных сооружений изменяющим условиям поступления загрязненных вод на очистку, в частности, на изменение величины расхода (притока) и количественного-качественного состава примесей вод;
- отсутствие простых и надежных решений по чистке емкостей и аппаратов от остаточных продуктов очистки вод (в виде осадков, фильтратов и др.), регенерации наполнителей аппаратов (фильтрующей загрузки, сорбентов), а также по складированию остаточных продуктов и их утилизации;
- отторжение значительных земельных площадей под очистные сооружения.

Эти недостатки приводят к двум отрицательным последствиям:

- несоответствию проектной эффективности очистных сооружений реальной (как правило, реальная эффективность значительно ниже проектной);
- ограничению применения в полном объеме технологических схем и сооружений для очистки вод (осветление часто ограничивается лишь одной стадией с помощью горизонтальных отстойников).

Постановка задачи. Целью данной работы является анализ особенностей решения проблемы очистки шахтных вод на основе их гидроциклонирования.

Изложение материала и результаты. Из шахт Донбасса откачивают на поверхность более 800 млн/год шахтной воды, которая загрязнена взвешенными частицами, бактериальными примесями и минеральными солями. Их сброс в наземную поверхность вызывает заиление, засоление и закисление водоемов и водотоков, дестабилизируя тем самым экологическое равновесие в угольном бассейне. В связи с этим, а также нарастающим дефицитом питьевой воды актуальными становятся вопросы предотвращения загрязнения подземных вод, очистки загрязненных шахтных вод и повторного использования их для нужд угольной промышленности, а также смежных отраслей, сельского хозяйства и в быту.

В Донбассе критическая ситуация с питьевой водой объясняется огромной величиной стока шахтных вод по сравнению с объемами естественного стока малых рек региона, а также низким качеством откачиваемых вод, не соответст-

Гравітаційна сепарація

вующим требованиям правил охраны поверхностных вод практически по всем показателям, включая загрязненность взвешенными веществами.

Основу решения проблемы снижения загрязненности шахтных вод взвешенными веществами для подземных условий составляют два основных направления:

- профилактическое путем предотвращения загрязнения больших объемов относительно чистых подземных вод, стекающих из отработанных горизонтов шахты, и уменьшения загрязненности шахтных вод участковых водотранспортных цепочек действующих горизонтов;
- очистка малых объемов загрязненных вод, стекающих с действующих горизонтов шахты.

Поэтому на главных откаточных штреках и квершлагах предпочтительно осуществлять гидротранспортирование шламовой воды лучше не самотеком в водоотливных канавках, а по напорным трубопроводам, проложив для этого трубы с уклоном до главных водосборников. Применение этого технического решения целесообразно при глубоком осветлении шахтных вод, поступающих из действующих забоев по участковым водотранспортным цепочкам, посредством эффективных водоочистных станций.

Предварительные расчеты показали, что применение напорного гидротранспорта по горизонтальным выработкам позволяет получить снижение капитальных и эксплуатационных затрат в 6-8 раз [1].

Профилактические мероприятия по предотвращению загрязнения шахтных вод не являются абсолютно эффективными, поскольку с возможностью предотвращения загрязнения сточных вод из погашенных выработок сложно реализовать аналогичные мероприятия в выработках, прилегающих к добычным участкам. Поэтому необходимо осуществлять мероприятия по подземной очистке шахтных вод начиная с участковых водотранспортных цепочек и заканчивая их на подходе к главным водоотливным емкостям.

Анализ состояния проблемы очистки шахтных вод выполнен в двух направлениях:

- осветление шахтных вод от взвешенных твердых частиц;
- работа центробежных насосов на загрязненной шахтной воде.

В результате анализа установлено, что одним из основных факторов, влияющих на долговечность насосов водоотлива, является загрязненность шахтной воды, содержащей абразивные частицы. При их работе шламовая суспензия с большой скоростью 4-60 м/с взаимодействуют с поверхностью деталей проточной части и уплотнений насосов, вызывая их гидроабразивное разрушение (изнашивание). При этом интенсивность последнего возрастает с увеличением концентрации твердого в шахтной воде.

Загрязнение шахтных вод взвешенными веществами усиливается в результате неудовлетворительного состояния элементов и узлов водотранспортных цепочек (водоотливных канавок и водосборников) из-за отклонений от проектных норм и неправильной эксплуатации. Твердые частицы, оседаемые в водоотливных канавках, водосборниках, предварительном отстойнике и приемном

колодце водоотливных установок, относятся к связанным донным осадкам. Характерной особенностью таких осадков в насыщенном состоянии является их промежуточное состояние между аномальными (неньютоновыми) жидкостями и твердыми телами, а потому существует и некоторая неопределенность ряда физических свойств таких как связность между твердыми частицами в осадке, его липкость, склонность к кавитации и др.

За последние годы в технологии подготовки воды для промышленного водоснабжения и очистки производственных сточных вод широко применяются гидроциклоны. Они используются как осветлители, сгустители и классификаторы. Это обусловлено рядом преимуществ, которыми они обладают по сравнению с сооружениями механической очистки – отстойниками, сгустителями и осветлителями.

К основным преимуществам гидроциклонов следует отнести: высокую удельную производительность; низкие капитальные затраты на изготовление установок; отсутствие вращающихся механизмов для генерирования центробежных сил. При этом фактор разделения в гидроциклонах малого (150 мм и менее) диаметра может достигать нескольких тысяч а их применение обеспечивает создание компактных технологических установок. В таких установках кроме гидроциклонов модульный блок включает камеру распределения исходного продукта, камеры осветленной и шламовой воды.

По сравнению с отстаиванием способ гидроциклонирования является более энергоемким. Для уменьшения энергетических потерь можно создать необходимый напор за счет гидростатического давления шахтной воды, образующегося в результате перепада высот при расположении горных выработок в подземных условиях (например, гидроциклоны устанавливаются в нижней части уклона).

Применение гидроциклонов в технологии подготовки технической (осветленной воды) связано с выделением механических загрязнений – твердых частиц. Поскольку применяемые для этого гидроциклоны работают с невысокой (32-48% по Ханкоку-Луйкену) технологической эффективностью, обусловленной рядом причин [3], то можно рекомендовать новые конструкции гидроциклонов, разработанные в ГВУЗ "Национальный горный университет". Их разработка выполнена на основе формирования новой структуры потока двухфазной среды с пристенной [4], послойной [3, 5] перемешиваниями и перемешивкой в прямоточном асимметричном потоке [6], а также моделирования гидродинамических параметров приосевого потока в цилиндрикоконическом гидроциклоне [7].

Выводы и направления дальнейших исследований

Из механических методов очистки шахтных вод, таких как осветление, сгущение, фильтрование и выделение твердых частиц под действием центробежных сил, гидроциклонирование обладает рядом преимуществ и его следует развивать с учетом сильной корреляции эффективности разделения водоминеральных суспензий и производительности гидроциклона.

Дальнейшие исследования авторов будут направлены на изучение влияния свойств шахтной (карьерной) воды на формирование структуры потока в новых конструкциях гидроциклонов и на их технологическую эффективность.

1. Малеев В.Б. Развитие научных основ системы шахтного водоотлива: Автореф. дис ... д-ра техн. наук, спец. 05.05.06 – Горные машины / В.Б. Малеев. – Донецк, 2003. – 35 с.
2. Матлак. Е.С. О нетрадиционном подходе к решению проблемы снижения загрязненности шахтных вод взвешенными веществами на основе концепции устойчивого эколого-экономического развития [Текст] / Е.С. Матлак, А.Ю. Явруян, В.М. Моргунов и др. // Известия Донецкого горного института. – 2003. – №2. – С. 23-28.
3. Кривошеков В.И. Тонкослойная гидросепарация минеральных зерен [Текст] / В.И. Кривошеков // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2000. – Вип. 8(49). – С. 86-90.
4. Кривошеков В.И. Предпосылки эффективной работы гидроциклона [Текст] / В.И. Кривошеков // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 1999. – Вип. 5(46). – С. 72-77.
5. Кривошеков В.И. К обоснованию структуры потока для послойной перераспределения в полу-противоточном гидросепараторе [Текст] / В.И. Кривошеков // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 47(88). – С. 83-105.
6. Кривошеков В.И. Результаты асимметричного гидроциклонирования угольного шлама [Текст] / В.И. Кривошеков // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2010. – Вип. 40(81). – С. 80-87.
7. Кривошеков В.И. К определению гидродинамических параметров приосевого потока жидкости при гидроциклонировании шахтных вод [Текст] / В.И. Кривошеков, В.И. Самуся, И.Ю. Хиврич // Наук. Вісник НГУ. – 2004. – №7. – С. 45-48.

© Кривошеков В.И., Чутчева А.Г., 2013

*Надійшла до редколегії 17.12.2013 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом*